

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian yang dilakukan perlu adanya beberapa tinjauan pustaka yang terkait. Tinjauan pustaka yang dilakukan akan dijadikan sebagai bahan acuan dalam melakukan penelitian. Terdapat beberapa penelitian sebelumnya yang dijadikan acuan dasar dalam melakukan penelitian ini. Berikut adalah Tabel 2.1 yang menjelaskan Tinjauan Pustaka sebelumnya yang terkait

Tabel 2. 1 Tabel Tinjauan Pustaka

Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian	Tinjauan Pustaka		Hasil Akurasi
		Metode	Objek	
Murinto & Agus, (2009)	Segmentasi Citra Menggunakan <i>Watershed</i> Dan Intensitas Filtering Sebagai <i>Pre Processing</i>	Preprocessing = <i>Watershed</i>	Citra Wajah	Preprocessing <i>Watershed</i> dapat mengurangi over segmentasi
Pinarki, P.A., Ghoshal, D. (2012)	<i>Watershed Segmentation Based on Distance Transform and Edge Detection Techniques</i>	Segmentasi = <i>watershed</i>	Citra wajah	<i>Watershed</i> lebih efisien menggunakan edge detection dan distance transform
Mustaqeem <i>et al</i> (2012)	<i>An Efficient Brain Tumor Detection Algorithm Using Watershed & Thresholding Based Segmentation</i>	Segmentasi = Thresholding dan <i>Watershed</i>	Tumor Otak	Metode <i>Watershed</i> dapat membantu menemukan lokasi tumor berdasarkan warna pada citra
Rawat, J. et al (2015)	<i>Computer Aided Diagnostic System For Detection of Leukemia Using Microscopic Images</i>	Segmentasi = GLCM	ALL (Akut lymphoblastic)	Akurasi klasifikasi Fitur tekstu gabungan = 89,8%

Tabel 2. 1 Tabel Tinjauan Pustaka (Lanjutan)

Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian	Tinjauan Pustaka		Hasil Akurasi
		Metode	Objek	
Jusman et al (2017)	<i>A system for detection of cervical precancerous in -eld emission scanning electron microscope images using texture features</i>	Preprocessing = ITMO (<i>Intensity Transformation And Morphological Operation</i>) Ekstrasi Fitur = GLCM	Kanker Serviks	Akurasi = 95,7% Sensitifitas=95,7% Spesifitas=95,8%
Anggraini, R., et al (2017)	Klasifikasi Jenis Kualitas Keju dengan Menggunakan Metode <i>Gray Level Co – Occurance Matrix</i> (GLCM) dan <i>Support Vector Machine</i> (SVM) pada Citra Digital	Ekstrasi Fitur = GLCM	Keju	Akurasi = 97,91% dengan waktu komputasi = 0,0286s
Maharani et al (2018)	Perbandingan Deteksi Pulpitis Melalui Citra Radiograf Periapikal Dengan Ekstrasi Ciri <i>Watershed</i> Dan <i>Grey Level Co-Occurrence Matrix</i> (GLCM) dengan Klasifikasi K-Nearest Neighbour (K-NN)	Segmentasi = <i>Watershed</i> dan Ekstrasi Fitur = GLCM	Pulpitis pada Gigi	Akurasi <i>Watershed</i> = 83,33% Akurasi GLCM = 66,66%
Rosita (2018)	Perhitungan Jumlah Sel Darah Putih Memanfaatkan K-Means <i>Clustering</i> dan Transformasi <i>Watershed</i> Pada Citra Mikroskopis Darah Manusia	Segmentasi = <i>Watershed</i> Clustering = K-Means	Sel Darah Putih	Akurasi Sistem = 85%

Bedasarkan dari Tabel 2.1, Menurut Murinto dan Agus (2009), dalam penelitian intensitas filtering *pre – processing* pada proses *Watershed*. Transformasi *Watershed* dalam segmentasi citra dapat dikategorikan dalam segmentasi berdasarkan pada wilayah (*region*). Transformasi ini termasuk dalam kategori segmentasi yang baik dalam menghasilkan proses segmentasi. Namun, kelemahan pada metode ini dapat

terjadi *oversegmentation*, sehingga perlu adanya *preprocessing* dengan menggunakan *noise reduction* untuk mengurangi adanya *oversegmentation* pada output proses Watershed. (Murinto & Agus, 2009)

Penelitian Acharjya dan Goshal (2012) pada citra wajah ukuran 512x512 dengan menggunakan metode segmentasi *watershed*, menyatakan bahwa metode *watershed* lebih efektif menggunakan *edge detection* berbasis *morphological* dan transformasi jarak. Hasil akhir yang digunakan pada metode transformasi jarak dan *morphological* lebih baik dibandingkan dengan *watershed* yang biasa. (Pratim Acharjya & Ghoshal, 2012)

Selain itu, penelitian terhadap deteksi tumor otak melalui *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) yang dilakukan oleh Mustaqeem dkk (2012) dapat membantu deteksi lokasi tumor berada. Algoritma dalam penelitian ini menggunakan metode *watershed* dan *thresholding* untuk tahap *post - processing* untuk mendapatkan hasil segmentasi yang diharapkan. Metode *watershed segmentation* termasuk salah satu metode terbaik dalam pengelompokan piksel pada citra berdasarkan intensitasnya. *Watershed* termasuk metode yang tepat untuk menentukan lokasi tumor berada. (Mustaqeem, Javed, & Fatima, 2012)

Rawat *et al* (2015) melakukan penelitian deteksi leukemia menggunakan Computer Aided Diagnostic (CAD) system pada penyakit Acute Lymphoblastic Leukemia (ALL). Deteksi yang dilakukan menggunakan metode *Gray Level Co – Occurance Matrix* (GLCM) yang selanjutnya diklasifikasikan menggunakan SVM. Hasil akurasi yang didapatkan pada fitur tekstur gabungan adalah 89,8% (Rawat *et al*, 2015)

Penelitian yang dilakukan oleh Yessi Jusman, et al (2017) pada sistem deteksi kanker dapat ditentukan berdasarkan analisis tekstur dari gambar mikroskop elektron (FE-SEM). Dari hasil citra dapat menampilkan karakteristik indikator dari kanker melalui teknik *preprocessing* yakni *intensity transformation and morphological operation* (ITMO). Untuk membedakan citra tersebut terdapat sel kanker atau tidak,

dapat menggunakan metode *Gray Level Co-occurrences Matrix* (GLCM) yang dapat dilihat berdasarkan teksturnya. (Jusman et al., 2017)

Dalam penelitian Anggaraini (2017) tentang klasifikasi kualitas keju menggunakan metode *Gray Level Co-occurrences Matrix* (GLCM) dan *Support Vector Machine* (SVM) dengan menggunakan 16 level kuantisasi mendapatkan akurasi 91.66%. Level kuantisasi pada GLCM berpengaruh pada waktu komputasi, dimana semakin sedikit nilai yang diproses maka sistem waktu komputasi akan semakin cepat. (Anggraini, n.d, 2017)

Identifikasi dalam akurasi yang tertinggi dengan metode *Watershed* adalah 83,33% dalam waktu komputasi 0,3730 detik. Sedangkan, metode GLCM mendapatkan akurasi tertinggi yaitu 66,66% dengan waktu komputasi 0,1629 detik pada jarak 3 piksel, dengan sudut 90 derajat. (Maharani, Hidayat, & Suhardjo, 2018)

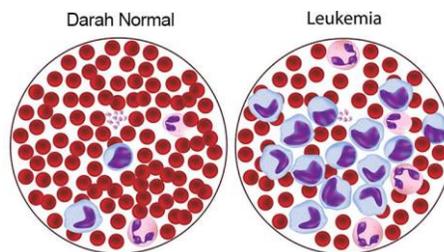
Adapun penelitian menghitung sel darah putih melalui citra mikroskopis. Metode *Watershed* dapat memisahkan sel darah putih yang berdempet dengan *K-Means Clustering* untuk proses pengelompokan objek pada sel darah putih. Metode ini dapat mengidentifikasi objek sel tunggal maupun sel berdempet. (Rosita, 2018)

Berdasarkan dari tinjauan pustaka tersebut, penulis akan melakukan analisis terkait metode segmentasi *Watershed* dan ekstrasi fitur *Gray Level Co-occurrences Matrix* (GLCM) untuk mengetahui seberapa efektifitas metode tersebut dilakukan terhadap citra sel leukemia berjenis *Acute Myelogenous Leukemia* (AML) dan *Chronic Myelogenous Leukemia* (CML). Sistem dirancang dengan menggunakan beberapa pemrosesan untuk menunjang hasil dari segmentasi dan ekstrasi fitur tersebut. Target dari penelitian ini dapat memberikan hasil segmentasi sel darah putih dan data hasil ekstrasi fitur untuk dianalisis efektifitas penerapan kedua metode tersebut untuk dilakukan klasifikasi.

2.2 Dasar Teori

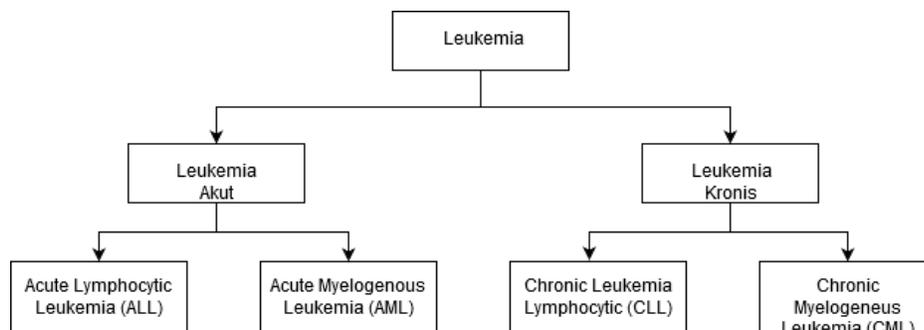
2.2.1 Leukemia

Leukemia merupakan salah satu penyakit kanker yang menyerang pada darah ataupun sumsum tulang tempat sel darah memproduksi. Leukemia berasal dari kata “*leukos*” dan “*aim*” yang artinya putih dan darah. (Raje & Rangole, 2014). Leukemia termasuk penyakit ganas yang menyerang pada jaringan *hematopoietic* yang ditandai dengan adanya penggantian sumsum tulang normal oleh sel darah yang abnormal (*leukemik*) yang dapat meningkatnya jumlah sel darah putih. Sel *leukemik* bisa menyerang pada jaringan *retikuloendotelial* seperti hati, kelenjar limpa, dan limpa (Rofinda, 2012). Gambar 2.1 adalah ilustrasi perbandingan antara darah normal dengan leukemia.



Gambar 2. 1 Ilustrasi Darah Normal dan Leukemia (idntimes.com)

Secara umum, leukemia diklasifikasikan dalam dua kategori, yakni: leukemia akut dan leukemia kronis. Berdasarkan asal sel dan kedewasaan sel, setiap kategori tersebut memiliki beberapa jenis tergantung dari klasifikasinya. Gambar 2.2 menunjukkan bagan dari klasifikasi leukemia.



Gambar 2. 2 Bagan Klasifikasi Leukemia

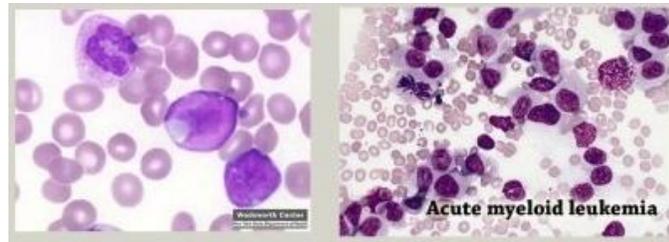
Leukemia akut merupakan penyakit kanker yang menyerang pada darah dan sumsum tulang yang berkembang secara cepat. Dampaknya sumsum tulang akan memproduksi sel darah putih secara berlebih dimana sel tersebut menjadi sel tidak normal (*sel blast*). Hal tersebut dapat mempengaruhi produksi sel darah yang sehat. Gejala yang terlihat pada leukemia akut, yakni: anemia (cepat lelah), rentan terinfeksi, dan jumlah trombosit yang rendah (rentang pendarahan). Jenis leukemia yang masuk dalam kategori akut, yakni:

1. *Acute Lymphocytic Leukemia* (ALL) merupakan jenis kanker leukemia yang menyerang sel limfoid yang belum dewasa. Biasanya penyakit ini diderita umumnya anak – anak.
2. *Acute Myelogenous Leukemia* (AML) merupakan jenis kanker leukemia yang menyerang myeloid. Jenis penyakit ini yang paling umum yang diderita pada orang dewasa.

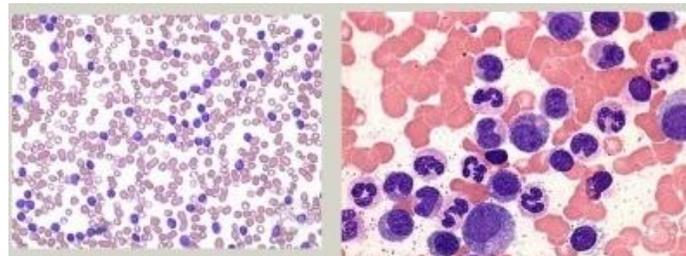
Leukemia kronis merupakan penyakit kanker yang berkebang cenderung lebih lambat dengan waktu periode yang lebih lama. Rata – rata pasien yang mengalami leukemia kronis cenderung tidak merasakan gejala – gejala yang berbeda. Penyakit ini cenderung berbahaya karena pasien tidak dapat merasakan gejala – gejala yang berbeda sebelumnya hingga didiagnosis stadium yang tinggi. Adapun beberapa jenis leukemia yang masuk dalam kategori leukemia kronis, yakni:

1. *Chronic Leukemia Lymphocytic* (CLL) merupakan kanker leukemia yang menyerang pada sel limfoid dewasa. Sebagian besar, penyakit ini diderita pada orang yang berusia lanjut (>60 tahun).
2. *Chronic Myelogenous Leukemia* (CML) merupakan kanker leukemia yang menyerang sel *myeloid*. Kanker tersebut disebabkan karena adanya kromosom *Philadelphia* yang umumnya menyerang pada orang dewasa. (Klinis, 2017)

Gambar 2.3 menunjukkan gambaran dari jenis – jenis sel leukemia



(a) *Acute Lymphoblastic* dan *Acute Myeloid Leukemia*



(b) *Chronic Lymphoblastic* dan *Chronic Myeloid Leukemia*

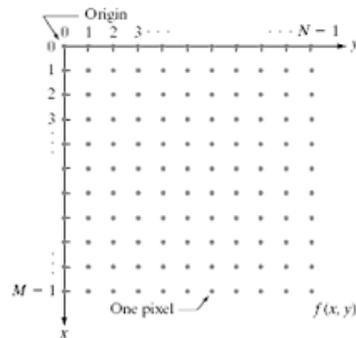
Gambar 2. 3 Visualisasi Jenis – Jenis Penyakit Leukemia

Adapun beberapa faktor yang mempengaruhi meningkatnya resiko penyakit leukemia, sebagai berikut:

1. Paparan radiasi yang berlebih (seperti: tindakan radioterapi dan korban bom atom)
2. Paparan terhadap bahan kimia yang beracun (seperti: kemoterapi)
3. Penyakit genetik tertentu (seperti: sindrom *down*)

2.2.2 Citra Digital

Citra digital merupakan gambar yang dihasilkan pada bidang dua dimensi gambar analog menjadi gambar diskrit. Gambar yang dihasilkan adalah sekumpulan nilai – nilai digital terbatas yang dapat disebut dengan pixel (*picture element*). Hal tersebut terjadi melalui proses *sampling* gambar analog yang terbagi menjadi baris M dan kolom N. Citra digital dari dapat menentukan tingkat keabuan dari sebuah gambar, sehingga citra digital dapat berupa diskrit. (Kumaseh *et al.*, 2013). Koordinat citra digital terhadap sumbu (x,y) pada bidang dua dimensi ditunjukkan pada Gambar 2.4



Gambar 2. 4 Koordinat Citra Digital (Hanafi,2019)

Citra digital tersusun atas banyak elemen yang memiliki nilai batas dan mengandung informasi dari beberapa titik koordinat. Informasi yang didapatkan pada citra digital ialah bersifat diskret. Adapun citra digital bersifat *continue* yang biasanya berlangsung pada rekaman suatu sistem, seperti: foto sinar-X, monitor, *rontgen*, dan lain sebagainya. Sehingga, untuk mendapatkan gambar secara digital perlu adanya pengolahan citra digital yang selanjutnya akan diproses oleh komputer. (Kumaseh et al., 2013). Citra digital secara matematis dapat ditulis dalam bentuk matriks yang ditunjukkan pada Persamaan 2.1

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,N-1) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Keterangan:

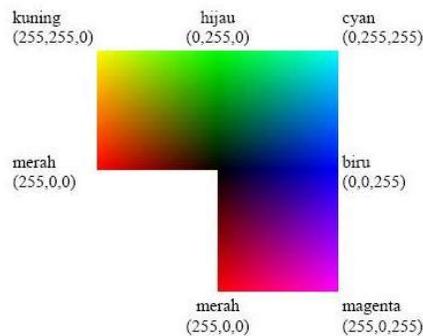
$f(x,y)$ = nilai intensitas pada koordinat (x,y) .

Berdasarkan dari Persamaan 2.1, menurut Kumaseh et al (2013) besar nilai intensitas yang didapatkan pada sensor di setiap titik koordinat (x,y) yang disimbolkan dengan $f(x,y)$ akan bergantung pada intensitas yang dipantulkan oleh objek. Hasil dari $f(x,y)$ akan sebanding dengan energi yang dipancarkan oleh sumber cahaya, sehingga didapatkan $0 < f(x,y) < \infty$, dimana fungsi $f(x,y)$ berada dari nilai 0 sampai tak hingga mengikuti adanya sumber cahaya (Kumaseh et al., 2013).

Secara umum, citra digital terbagi dua berdasarkan dari jumlah kanalnya, yakni: Citra abu – abu (*grayscale*) dan citra berwarna (RGB). Pada citra *grayscale* memiliki satu kanal pada satu pixel citranya. Kanal tersebut memiliki intensitas rentang yang beragam bergantung pada kedalaman pixel yang ditentukan dari jumlah bitnya. Nilai tersebut dapat disebut dengan derajat keabuan. Secara matematis, nilai intensitas citra digital dapat dirumuskan dalam matriks sebagai berikut:

a. Citra Warna

Citra warna memiliki 3 sampai 4 kanal warna pada tiap pixel citranya. Citra yang memiliki 3 kanal dapat disebut *Red*, *Green*, dan *Blue* (RGB), sedangkan citra yang memiliki 4 kanal warna dapat disebut *Cyan*, *Magenta*, *Yellow*, dan *Black* (CMYK) (R. Munir, 2004). Warna pokok pada ruang RGB jika digabungkan, maka akan menghasilkan warna – warna lainnya. Warna yang dihasilkan sangat bergantung pada warna pokok dimana setiap warna memiliki nilai dari 0 sampai 1 (Munjazi, 2017). Citra warna digital setiap pikselnya memiliki kombinasi dari tiga warna dasar memiliki penyimpanan nilai sebesar 8 bit mewakili 1 byte, sedangkan pada ruang CMYK memiliki nilai sebesar 16 bit pada setiap pikselnya. (Sulistiyadi, 2017). Gambar 2.5 menunjukkan gambar yang mewakili dari tiga warna menjadi warna – warna lainnya.



Gambar 2. 5 Representasi Warna RGB pada Citra Digital

b. Citra *Grayscale*

Citra *grayscale* merupakan citra dengan fungsi $f(x,y)$ yang menyatakan tingkat keabuan dari suatu citra gambar hitam ke putih. Setiap piksel citra *grayscale* terdapat 256 (8-bit) gradasi warna yang diwakilkan oleh 1 byte. Nilai derajat keabuan terendah adalah 0, maka rentang dari citra *grayscale* adalah 0 – 255. (R. Munir, 2004). Tingkat keabuan dapat divisualisasikan seperti pada Gambar 2.6 berikut



Gambar 2. 6 Citra *Grayscale*

Pada visualisasi dari Gambar 2.6, semakin tinggi nilai derajat keabuan yang dibutuhkan, maka warna pixel akan menuju warna putih. Begitu juga sebaliknya, semakin rendah nilai derajat keabuannya, maka warna pixel akan menuju warna hitam. (R. Munir, 2004)

2.2.3 Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra digital (*digital image processing*) merupakan proses perubahan citra dari sebuah gambar menjadi bentuk fisik yang mudah diinterpretasikan oleh manusia ataupun komputer. Penyesuaian citra yang dilakukan adalah melakukan proses transformasi dari citra tersebut menjadi pola bentuk yang diharapkan. Pola dari citra digital memiliki dua dimensi, yakni dimensi $f(x,y)$ dimana x dan y merupakan koordinat bidang datar, dan f merupakan intensitas atau level dari gambar tersebut. Sehingga, sebuah citra akan memiliki nilai elemen masing – masing yang tak berhingga (Eddins, S. L., *et al* 2004). Pengolahan citra digital atau *Digital Image Processing* (DIP) merupakan bidang yang berkembang pesat melalui proses teknologi. Fungsi utama dari DIP adalah memperbaiki kualitas gambar tanpa menghilangkan nilai informasi yang ada pada citra tersebut. (Chafied, 2013)

Pengolahan citra digital terdapat tiga kategori yang dapat ditinjau dari proses komputerisasinya. Berikut beberapa kategori tersebut, yakni: pengolahan *low-*, *mid-*, dan *high*.

1. Pengolahan *low-level* salah satunya menggunakan metode pre-processing digunakan untuk mengurangi *noise* atau derau, penguatan kontras dan mempertajam citra. Input dan output dari pengolahan *low-level* keduanya berupa citra
2. Pengolahan *mid-level* merupakan penjabaran citra melalui proses komputerisasi dan klasifikasi pengenalan sebuah objek. Proses yang dilakukan pada pengolahan ini salah satunya segmentasi yang melakukan penjabaran hasil dari citra tersebut. Input dari *mid-level* berupa citra, dan output yang dihasilkan berupa hasil ekstraksi dari citra tersebut, seperti: tepian, kontur, ataupun pengenalan objek dari sebuah citra.
3. Pengolahan *high-level* sudah mencapai hingga analisis citra yang hasil manipulasi citra terlihat tampak nyata. (Gonzales dan Woods, 2004)

2.2.4 Segmentasi Citra Digital

Segmentasi citra merupakan salah satu metode dalam klasifikasi pengolahan citra. Segmentasi citra memiliki dua tujuan dalam pengolahan citra. Tujuan pertama yakni menguraikan citra menjadi beberapa bagian yang dianalisis selanjutnya. Kemudian, tujuan kedua yakni melakukan beberapa perubahan representasi pada citra yang diatur dalam level yang lebih tinggi untuk menjadi efisien dalam analisis selanjutnya (Sari, 2016). Adapun fungsi dari segmentasi ialah merupakan proses pengolahan untuk mengambil informasi yang dibutuhkan dengan memisahkan antara informasi yang dibutuhkan dengan yang tidak. (Akbar, 2015)

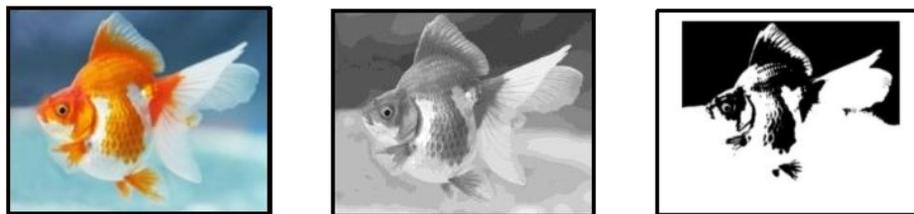
Algoritma pada segmentasi secara umum berbasis analisis salah satu dari dua sifat dasar nilai intensitas. Akurasi dari pengolahan segmentasi ini bergantung dari tingkat keberhasilan dalam mengaplikasikan metode yang sesuai pada citra yang dibutuhkan (Akbar, 2015). Metode pengolahan digital khususnya segmentasi sudah

banyak jenisnya yang bisa diterapkan. Berikut adalah penjelasan beberapa metode dalam segmentasi:

a) *Thresholding*

Thresholding merupakan metode dengan menetapkan suatu nilai, dimana nilai yang diambil hanyalah diatas atau dibawah dari ambang batas yang ditentukan. Sedangkan, selain nilai yang digunakan maka diabaikan. (Bradski dan Kaehler 2008)

Metode dari *Thresholding* biasanya digunakan untuk segmentasi/pemisah dari suatu objek dengan lainnya. Hasil citra yang didapatkan terlihat perbedaan intensitasnya warnanya, yakni: hitam dan putih. Gambar 2.7 menunjukkan gambaran dari proses *Thresholding*



(a) Citra Asli

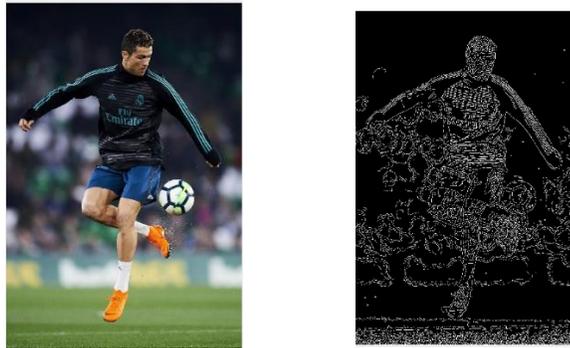
(b) Citra *Grayscale*

(c) Citra *Thresholding*

Gambar 2. 7 Proses Segmentasi *Thresholding* (Kumaseh et al , 2013)

b) Transformasi *Hough*

Transformasi *Hough* merupakan metode mendeteksi garis lurus yang dapat mengisolasi fitur bentuk tertentu pada citra. Teknik yang biasa digunakan untuk mendeteksi kurva regular, seperti: garis, lingkaran, elips, dan lain – lain. Transformasi *Hough* dapat mendeteksi garis bentuk geometri dengan kumpulan tepi terputus – putus, dan tidak berpengaruh dengan *noise*. (Hepdi, 2018). Gambar 2.8 menunjukkan gambaran dari Transformasi *Hough*



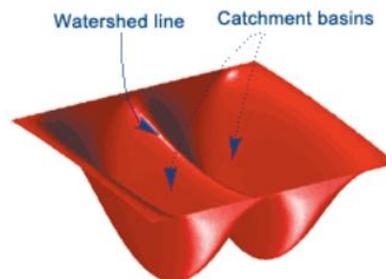
(a)Citra Asli

(b)Citra Transformasi *Hough*Gambar 2. 8 Deteksi Garis Transformasi *Hough* (pemrogramanmatlab.com)

2.2.5 Watershed

Metode *Watershed* merupakan proses segmentasi citra yang membagi metode segmentasi yang membagi hasil citra menjadi beberapa region yang berbeda dengan menggambarkan citra sebagai relief topografi dengan ilustrasi *Watershed* seperti pada Gambar 2.9 (Rosita, 2018). Terdapat tiga macam titik dalam bentuk topografi, yakni:

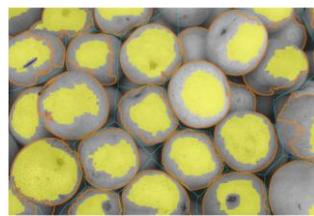
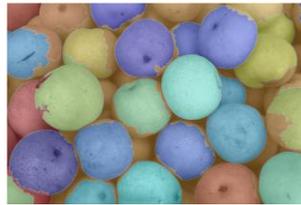
1. Titik merupakan minimum regional
2. Titik merupakan tempat, jika setetes air dijatuhkan maka air tersebut akan jatuh di posisi minimum. Sekumpulan titik yang memenuhi kondisi ini dapat disebut *catchment basin*.
3. Titik merupakan tempat, jika air dijatuhkan maka air tersebut memiliki kemungkinan untuk jatuh di posisi minimum tertentu atau tempat lain. Sekumpulan titik pada kondisi ini dapat disebut dengan garis *watershed* (Gonzales, and Woods, 2002)

Gambar 2. 9 Ilustrasi *Watershed* (Prasetyo, 2011)

Gambar 2.9 menunjukkan bahwa segmentasi *Watershed* pada dasarnya mencari garis *Watershed* nya. Prosesnya dapat diasumsikan terdapat sebuah lubang yang dibuat pada minimum regional dan dialiri air dengan kecepatan konstan. Saat air mulai memenuhi, *catchment basin* dapat tergabung, maka perlu diberi batasan atau sebuah dam untuk mencegah penggabungan tersebut. Tepi dam yang terlihat tersebut dapat disebut garis *Watershed*. Garis tersebut merupakan hasil dari segmentasi. (Adipranata, 2005). Gambar 2.10 menunjukkan visualisasi proses segmentasi *Watershed*



(a) Citra grayscale

(b) *Watershed line*(c) *Watershed* berlabel warna

Gambar 2. 10 Visualisasi Segmentasi *Watershed* (mathworks.com)

2.2.6 Ekstraksi Fitur

Ekstraksi fitur merupakan pengambilan suatu ciri atau *feature* dari suatu bentuk, warna, area, ataupun objek yang selanjutnya dianalisis untuk diambil informasi yang dibutuhkan. Ekstraksi fitur dilakukan dengan menghitung jumlah titik piksel yang didapat dalam setiap pemrosesannya. Proses yang dilakukan dari berbagai arah koordinat ataupun *tracking* yang berbeda. Arah pemrosesan baik secara vertikal, horizontal, maupun secara diagonal kanan, kiri sesuai dengan kebutuhan yang dianalisis. (Nasir, 2016)

Ekstrasi fitur termasuk proses membedakan suatu objek dengan mengambil ciri pembeda. Ekstrasi fitur terbagi tiga macam, sebagai berikut:

a) Ekstrasi fitur bentuk dan kontur

Ekstrasi fitur dari bentuk dan kontur dilihat dari suatu objek yang terbentuk dari kumpulan garis dan adanya kontur. Fitur ini bergantung pada batas (*boundary – level*) dan daerah (*region –based*).

b) Ekstrasi fitur tekstur

Ekstrasi fitur tekstur yang menjadikan pembedanya adalah tekstur dari pada citra. Pada umumnya teknik yang digunakan dalam ekstrasi fitur tekstur ini adalah *Gray Level Cooccurrence Matrix (GLCM)*, dimana teknik ini melakukan pemindaian nilai keabuan dari dua pixel yang ditentukan oleh sudut dan jarak. Sudut yang biasa digunakan dalam metode ini adalah 0° , 45° , 90° , 135° .

c) Ekstrasi fitur warna

Ciri pembeda dari ekstrasi fitur ini adalah warna. Komposisi warna yang digunakan adalah dari gabungan warna dasar yakni RGB (*Red, Green, dan Blue*) (Anggraini, 2017).

2.2.7 Gray Level Cooccurrence Matrix (GLCM)

Metode *Gray Level Co-occurrences Matrix (GLCM)* merupakan suatu metode ekstrasi fitur berbasis statistik, dimana nilainya didapatkan dari piksel matrik yang nilainya dapat membentuk suatu sudut pola tertentu. Sudut yang dibentuk dari pola GLCM adalah 0° , 45° , 90° , 135° (Kamal, 2019). Metode ini masuk dalam metode statistik dimana perhitungannya melalui distribusi keabuan (histogram) dengan mengukur dari tingkat kontras, granularitas, dan kekasaran pada suatu daerah piksel – piksel pada citra (Ardi, 2011).

GLCM didefinisikan sebagai tabulasi dari data piksel citra untuk mendapatkan ciri statistik citra piksel yang dilihat dari nilai keabuan pada citra tersebut. Ciri statistik

didapatkan dengan menghitung sudut dan jarak piksel tertentu. Berikut adalah langkah – langkah metode GLCM:

a) Kuantisasi

Kuantisasi (*Quantization*) merupakan perubahan nilai keabuan (8-bit) citra ke dalam rentang nilai tertentu. Rentang tersebut masuk ke dalam level – level yang ditentukan (Anggraini, 2017). Tujuan proses kuantisasi ini adalah mengurangi perhitungan angka dalam proses komputasi. Penetapan level kuantisasi bergantung pada kebutuhan sistem, misalkan ditetapkan rentang delapan nilai (0 – 7). Berikut adalah tabel rentang nilai keabuan yang ditunjukkan pada Tabel 2.2

Tabel 2. 2 Rentang Nilai Keabuan (Kuantisasi)

No	Nilai Kuantisasi	Nilai Rentang
1	0	0 – 31
2	1	32 – 63
3	2	64 – 95
4	3	96 – 127
5	4	128 – 159
6	5	160 – 191
7	6	192 – 223
8	7	224 – 255

Contoh terdapat matriks A = 6x5 seperti Persamaan 2.2 berikut:

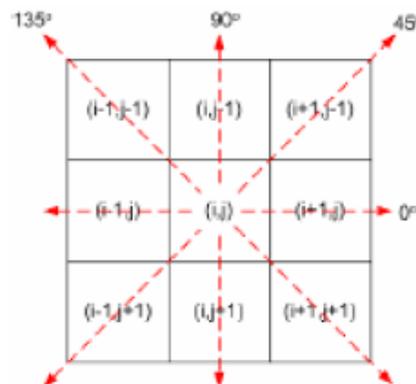
$$A = \begin{bmatrix} 33 & 130 & 46 & 27 & 97 & 85 \\ 100 & 66 & 112 & 71 & 45 & 129 \\ 34 & 44 & 141 & 160 & 245 & 3 \\ 54 & 137 & 99 & 78 & 168 & 253 \\ 144 & 190 & 143 & 182 & 136 & 169 \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

Maka didapatkan matriks B yang merupakan hasil dari kuantisasi matriks A yang ditunjukkan pada Persamaan 2.3.

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 4 & 1 & 0 & 3 & 2 \\ 3 & 2 & 3 & 2 & 1 & 4 \\ 1 & 1 & 4 & 5 & 7 & 0 \\ 1 & 4 & 3 & 2 & 5 & 7 \\ 4 & 5 & 4 & 5 & 4 & 5 \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

b) Co – Occurance

Co – Occurance merupakan proses penjumlahan kejadian satu level intensitas piksel bertetangga dengan level intensitas piksel lain yang ditentukan jarak (d) dan orientasi sudut (θ) tertentu. Jarak yang ditentukan dinyatakan dalam bentuk piksel, sedangkan orientasi sudutnya dibentuk dalam empat arah sudut dengan interval 45° . Berdasarkan Gambar 2.11 dapat dilihat bahwa orientasi sudut dapat dibentuk dalam empat arah sudut, yakni 0° , 45° , 90° , dan 135° (Maharani et al., 2018).



Gambar 2. 11 Kookurensi Sudut GLCM

Gambar 2.11 menunjukkan arah 0° dijadikan sebagai acuan kotak piksel pusat. Pembentukan matrik kookurensi dan matrik kuantisasi dari persamaan 2.3. Misalkan ditentukan dari matrik kookurensinya dengan derajat = 0° dan jarak = 1. Maka didapatkan Matrik C kookurensinya berdasarkan pada Tabel 2.3 berikut.

Tabel 2. 3 Tabel Proses Matriks Kookurensi

Piksel Referensi \ Piksel Tetangga	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
1	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
2	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7
3	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7
4	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7
5	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7
6	6,0	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7
7	7,0	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7

Sehingga untuk mendapatkan Matriks C yang merupakan hasil kookurensi dari Persamaan 2.3 menggunakan derajat = 0° dan jarak = 1 piksel yang dapat dilihat pada Persamaan 2.4.

$$C = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

c) *Symmetric*

Symmetric merupakan kemunculan posisi piksel yang sama pada sel – sel di sisi lain dari berbagai arah diagonal. Salah satu contohnya apabila terdapat piksel (2,3) maka secara orientasi arah horizontal piksel (2,3) sama dengan seperti (3,2). Oleh karena itu, *symmetric* merupakan hasil penjumlahan matrik kookurensi dengan matrik *transpose* atau perpindahannya. Persamaan 2.5 menunjukkan rumus pembentukan matriks *symmetric* berdasarkan dari matriks C yang diproses tahap kookurensinya (Maharani et al., 2018) serta Persamaan 2.6 merupakan contoh dari pembentukan rumus matriks *symmetric*.

e) Fitur Ekstraksi

Metode GLCM merupakan metode dengan mengekstrak fitur tekstur statistik orde kedua. Terdapat empat fitur ekstraksi yang diolah, sebagai berikut:

1. Kontras

Fitur kontras yaitu menghitung perbedaan intensitas antar piksel yang berdekatan pada gambar, dimana semakin jauh nilai perbedaannya semakin tinggi nilai kontrasnya. Persamaan matematis pada kontras dapat dilihat pada Persamaan 2.8.

$$Kontras = \sum_{i,j=0}^{N-1} |i - j|^2 glcm(i, j) \quad (2.8)$$

2. Korelasi

Fitur korelasi yaitu mengukur ketidakmiripan suatu tekstur yang nilainya akan semakin besar bila acak dan bernilai kecil jika seragam atau sama. Persamaan 2.9 menunjukkan persamaan korelasi.

$$Korelasi = \sum_{i,j}^{N-1} \frac{(i-\mu_i)(j-\mu_j)glcm(i,j)}{\sigma_i\sigma_j} \quad (2.9)$$

3. Energi

Fitur energi yaitu menunjukkan sifat homogenitas pada citra. Nilai energi yang tinggi cenderung tekstur citra yang seragam dalam penyebaran derajat keabuan citra. Persamaan 2.10 menunjukkan persamaan pembentukan energi.

$$Energi = \sum_{i,j=0}^{N-1} \{glcm(i, j)\}^2 \quad (2.10)$$

4. Homogenitas

Fitur homogenitas menunjukkan sifat homogenitas atau keseragaman yang berderajat keabuan sejenis. Citra yang bersifat homogeny, akan bernilai tinggi dari sifat homogenitasnya. Persamaan 2.11 menunjukkan persamaan pembentukan homogenitas.

$$Homogenitas = \sum_{i,j=0}^{N-1} \frac{glcm(i,j)}{1+(i-j)^2} \quad (2.11)$$

2.2.8 Matrix Laboratory (MATLAB)

Matrix Laboratory atau biasa disingkat MATLAB merupakan sebuah bahasa (pemrograman) yang mampu mengintegrasikan bahasa komputasi, visualisasi dan pemrograman dalam perhitungan teknis. Bahasa yang digunakan mampu memecahkan masalah persoalan dengan solusi yang dinyatakan dalam perumusan notasi matematika. (Wijaya, 2007). MATLAB memiliki fungsi built-in yang merupakan fungsi dasar yang sering digunakan dalam perhitungan dasar sains dan matematika, sehingga aplikasi ini mempermudah dalam analisis dan perhitungan (Irwandhono, 2016). Adapun beberapa manfaat penggunaan MATLAB yang bisa digunakan, sebagai berikut:

1. Perhitungan matematis dan komputasi
2. Akuisis data
3. Permodelan, simulasi, dan pembuatan *prototype*
4. Analisis data
5. Pengembangan algoritma
6. Pengembangan aplikasi, termasuk pembuatan antarmuka.

2.2.9 Graphical User Interface (GUI)

Graphical User Interface (GUI) merupakan tampilan grafik dalam window yang berisi control sistem guna menjalankan tugas secara interaktif. Adanya sistem GUI dapat mempermudah pengguna dalam interaksi antara perangkat dengan komputer. GUI bersifat *userfriendly*, dimana pengguna tidak perlu mendefinisikan *command window* untuk menjalankan suatu program. (Saefulloh, 2017)